

OPTICAL CONNECTOR용 CERAMIC FERRULE 및 SLEEVE 제조에 관한 연구

표 세 명, 장 희 인, 손 선 기

(주) 남성제라믹 부설기술연구소, 전북, 570 - 140

THE STUDY ON THE MANUFACTURE CERAMIC FERRULE AND SLEEVE FOR OPTICAL CONNECTOR

S. H. CHO, S. I. KANG, S. K. SON

NAM SUNG CERAMIC CO., LTD., JEONBUK, 570-140

빛을 통신매체로 사용하는 광통신은 저손실, 광대역성, 대용량화등의 장점때문에 많은 중장거리 통신을 점유하고 있으며, 대용량화등을 위한 광가입자망이나 LAN등에도 시범적용되고 있다. 따라서 광통신에 있어 광FIBER를 연결시키는 CERAMIC단자를 연구개발하는데 그목적을 두었으며, CERAMIC 단자의 제조기술은 주로 사용되는 ZIRCONIA (PSZ)를 선정하였으며 또한 정밀성형 및 소결공정을 검토하였다.

ABSTRACT

OPTIC COMMUNICATION WHICH EMPLOYS LIGHT AS A MEDIUM OF COMMUNICATION IS WIDELY USED AS MANY MIDDLE DISTANCE COMMUNICATION BECAUSE IT HAS MERITS OF LOW LOSS, WIDE OPTIC RANGE AND LARGE CAPACITIZATION AND IS APPLIED TO OPTICAL UTILIZER NETWORK, L.A.N (LOCAL AREA NETWORK) FOR GREAT UTILIZER GROUPS.

SO IN OPTICAL COMMUNICATION, THIS STUDY IS FOCUSED ON THE INVESTIGATION AND DEVELOPMENT OF A CERAMIC SWITCH CONNECTING WITH OPTICAL FIBERS.

THE USED MATERIAL AS A CERAMIC SWITCH WAS A PARTIALLY STABILIZED ZIRCONIA WHICH IS USED AS A COMPOSITION

MATERIALS. PRECISION FORMING AND SINTERING WERE INVESTIGATED.

1. 서론

광통신망 형성의 차기에는 광통신 수평 소재의 같은 성능기준과 더불어 각종의 수동부품이 이용되고 있다. 특히 광수동부품으로는 광커넥터, 광전송기, 광분기합기, 광소파저음이 있으나 현재의 수동부품 시장에서 가장 비중이 큰 부품은 수개의 광섬유를 접속하는 기능을 가지고 있는 광커넥터이다.

광커넥터는 1948년 AT&T에서 최초로 개발한 후 NTT 의 미국 AT&T가 20년간 장일하는 기간의 제조권 라이선스의 도입으로 개발을 주도하여 왔다. 광통신 커넥터는 광원으로부터 광섬유까지, 광섬유에서 광섬유로, 광섬유로부터 접속기까지 빛을 연결하는데 사용된다. 광통신 커넥터는 같은 코어 직경의 광섬유를 연결하게 되므로 연결부의 광손실을 최소화하기 위하여서는 매우 정밀하여야 하고 또 내외 결합시 반사, 회절, 온도, 진동 등의 외부 요인에 연결의 정밀성을 유지하도록 설계되어야 한다.

자극되지 광커넥터는 절연성 물질의 표면(중계기)등에 소멸이 사용되어 왔으나 열상 서비스 등의 광대역 서비스가 수용되는 광가입자망이나 LAN에는 많은 결손의 경우, 분기 및 가입자 광연락이 소요되므로 그 수요가 국내에서 점점적으로 증가할 것으로 예측된다.

이에 본 연구는 광커넥터 FERRULE 및 SLEEVE 제조를 원료에서 시제품 제작에 이르기까지 연구 개발하여 이 분야 국내 업체에 관련 기술의 기술을 이전하는 물론 아직 초보 단계에 있는 광 커넥터의 확산을 이루는데 그 목적이 있다.

2. 실험방법

2.1 원료선정

CERAMIC FERRULE 및 SLEEVE의 원료로서는 주로 사용되는 대표적인 ALUMINA(ZIRCONIA)가 있으며 이중 ZIRCONIA 가 ALUMINA에 비해 더욱더 많은 양으로 특성을 갖추고 있기 때문에 ZIRCONIA (PSZ)로 선정하였다.

- ① 경도가 높으므로 인한 POLISHING 연마용 가공성이 양호하다.
- ② 높은 인장인장강도와 경도보유력이 가능하다.
- ③ 내마모성능 충격저항성이 우수하다.
- ④ 광섬유와의 열팽창계수가 유사하다.
- ⑤ 열접촉 PHYSICAL CONTACT에 유리하다.

여기에 사용된 ZIRCONIA 원료분말은 입도가 약 0.3 μ m 인 PSZ(PARTIALLY STABILIZED ZIRCONIA)의 일종으로

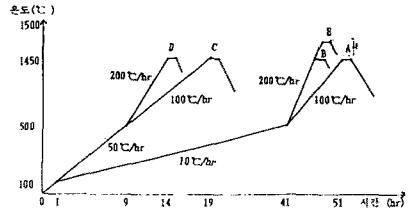
모평균, 표준편차는 각각 0.6, 3.8 μ m 이고 DOPING 된 ZIRCONIA 가 사용되었으며 B와 C의 원료분말을

정밀분석, 습윤도, 소결온도, 소결시간을 비교하여 행하였다.

① ZIRCONIA 분말 : B 식, C 식

① 성형압력 : 600 Kgf/Cm² , 900 Kgf/Cm²

② 습윤속도



2.2 RESIN용 용기첨가제 조성

RESIN 용기 첨가제로서는 결합제(BINDER), 가스제(LASTICIZER), 윤활제(LUBRICANT), 보조제(AUXILIARY AGENT) 등이 쓰여지며 이것들이 갖추어야할 조건으로는 ①열안정성이 양호할것(핵중합) ②유해성이 양호할것 ③상용성이 양호할것 ④습윤성이 없으것 ⑤이형성이 양호할것 ⑥모형성 및 경도가 높을것 등이 요구된다. CERAMICS 분체에 관한되는 수지용의 조성을 다음 TABLE 2.2 - 1 에 나타낸다.

TABLE 2.2 - 1 수지용 대표적 조성

NO	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Z-6
PS	3.5	7.0	3.5	7.0		
FE	12.5	12.5	12.5	12.5	11.5	6.5
ABS	7.75	4.25	11.25	11.25	11.0	11.0
APP	12.5	12.5	9.0	5.5	12.5	12.5
WAX	7.5	7.5	7.5	7.5	6.5	14.5
DBP	1.25	1.25	1.25	1.25	1.5	1.5
S. ACID	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0

지표로 정한 Z-5를 선정하여 분체의 수지용 용기비 50 : 50 에서 42 : 58의 범위도 연구하였다

실험결과 조성은 TABLE 2.2 - 2 의 같다.

TABLE 2.2 - 2 분체의 수지용 용기비 변화

NO	B-1	B-2	B-3
ZIRCONIA 분체	50	46	42
RESIN용	50	54	58

ZIRCONIA CERAMICS 분체의 수지용을 가열 혼합하여 PELLET를 제조하였다. 이때 가열온도는 통상적으로 160 - 180°C로 유지하였으며 MOTOR회전수는 70rpm 이 TORQUE 는 100 - 500kg/cm로 하였다.

2.3 사출성형 (INJECTION) 및 압출성형 (EXTRUSION)

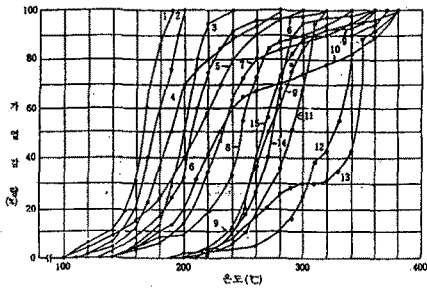
① 사출성형 : 복잡한 형상의 세라믹스 성형방법으로 사출물의 최적 정형조건은 첫째, 무휘발 밀도가 균일할것, 둘째, 즉후적인 충전부족이 없을것, 셋째, 무휘발 불규칙수축이 있을것, 넷째, 이형성이 양호할것, 다섯째, 성형제 길이가 충분할것, 여섯째, 내경 WIRE가 STRAIGHT로 위치될것등이 감안되어 사출기의 SETTING 조건이 결정되어야 한다. 실제 사출기의 SETTING 조건에는 많은 인자들이 있으나 여기서 중요한 인자인 사출온도 설정 및 압력설정등에 대하여 서술하였다.

② 압출성형 : 단순한 형상의 PTFE형식의 다량생산에 우수한 성형방법으로서 세라믹스의 무휘발 밀도의 균일화가 중요한 포인트이며 이것은 금형 설계기술과 직결되는 문제이다. 이방법은 광커넥터를 정렬시키는 세라믹SLEEVE제조에 적합한 방법으로 응용되었다.

2.4 RESIN용 탈지방법

세라믹스의 사출성형에는 다양한 수지용이 함유되어야 하고 또 함유된 수지용을 완전 열분해 시킨 뒤 소결되어야 하기 때문에 사출성형에서 탈지과정은 필수적이다 하였다.

전용 탈지조는 일본 T사의 T-400 MODEL로 습윤속도, 가압력, 분사기의 주된 인자들이 있으며 이 인자들은 다음 FIG 2.4-1 에 수지용 열분해조건 참조로 하였고 또한 TG DTA PATTERN에 의해서 실험을 행하였다.



1 : DEP , 2 : DEP, 3 : DOP , 4 : STRAIC ACID , 5 : 액상 POLY STYRENE, 6 : PARAFFIN WAX (66), 7 : APP (외분자) , 8 : APP (고분자) , 9 : STYRENE OXIGAL, 10 : MICRO WAX # 200 , 11 : POLYSTYRENE , 12 : 고무도 POLY ETYLENE, 13 : BVA , 14 : POLY PROPYLENE, 15 : PBMA

FIG 2.4 (시차열분석에 의한 BINDER류의 열분해곡선)

(공기중, 승온속도 2°C/air)

2.5 소결

BOX FURNACE 의 PID CONTROL PROGRAM으로 공기중에서 승온속도별로 소결하여 조적용 주사전자 현미경(SEM)으로 관찰하였고 HOLE SIZE는 평한현미경을 통하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 현미경

ZIRCONIA 의 중량, 성분함량, 승온속도, 소성온도등의 변화요인에 의한 거동특성

TABLE 3.1 1 에 나타낸다.

TABLE 3.1 1 각 조건별 물성치

표 기	φ수축률(%)	비 중	경 도 (HR)	표 기	φ수축률(%)	비 중	경 도 (HR)
D6A	21.9	5.980	89.5	T6A	24.8	6.088	90.0
D6B	23.1	6.032	90.0	T6B	24.9	6.104	90.5
D6C	23.0	5.982		T6C	25.1	6.069	
D6D	23.0	6.031		T6D	25.0	6.060	
D9A	22.1	6.022	89.5	T9A	23.7	6.101	90.5
D9B	22.1	6.057	90.0	T9B	24.1	6.119	91.0
D9C	22.2	5.999		T9C	24.0	6.077	
D9D	22.1	6.022		T9D	24.0	6.079	
기타 GRAIN SIZE : 불규칙				기타 GRAIN SIZE : 0.5μ			
PHASE : TETRAGONAL + MONOCLINIC				PHASE : TETRAGONAL			
D: DAIICHI 사 F: TOSHU 사							

6: 성분함 600kg/Cm³ 9: 성분함 900kg/Cm³

A-D: 승온속도별

위 결과로부터 D사의 GRADE는 주로 TETRAGONAL + MONOCLINIC PHASE로 구성되어 GRAIN SIZE가 불규칙적이고 밀도가 이론 밀도의 98%대이며 T사의 GRADE는 주로 TETRAGONAL PHASE로 구성되어 GRAIN SIZE가 규칙적이며 밀도는 이론밀도의 99%대 이었다. 또한 T사의 성분함량, 승온속도별로 보면 성분함량이 높을수록, 승온속도가 느릴수록 양호한 결과가 나타나는 경향이 있었다.

3.2 수지물 최적조성

TABLE 2.2 1 에 나타낸 Z-1 ~ Z-6 수지조성중 각 결과들 TABLE 3.2 - 1에 나타낸다.

NO	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Z-6
강도성	X	X	△	X	★	○
용해성	△	X	△	X	★	○
이형성	○	○	★	○	★	★
강도	★	★	★	★	○	○
탈지성	△	X	△	X	○	○

★ 매우양호, ○ 양호, △ 중간, X 불량

위 조성으로부터 Z-1 ~ Z-4는 주로 실용성, 용해성, 탈지성이 부족하였으나 강도면에서는 양호하였다.

Z-5 ~ Z-6은 주로 강도면에서 약간부족하였으나 다른 면에서 양호한 Z-5번을 선택하여 CERAMIC 본체의 수지가 용적비율 변하지 않는 결과 TABLE 2.2 - 2에 나타낸것중 2-3번이 적당하였으며 이것은 ZIRCONIA 본체의 비포복력 (약 15μ²/g)이 크기때문에 수지량이 증가된결과 생각된다.

3.3 사출성형 및 압출성형

○ 사출성형 : 여러가지 사출조건중 중요하게 작용하는 인자는 사출온도와 사출압력이었다.

이조건별 결과를 나타내면 TABLE 3.3 - 1과 같다.

TABLE 3.3 - 1 사출조건에 따른 결과 (Z-5)

사출온도(°C)	사출압력(Ma/Cm ²)	140	150	160	170	180
45						
75	사출불가			○		형상불량
110			○	○	○	
140		○	○	○	○	○

위 결과로부터 사출온도가 너무 낮으면 유동성이 부족하여 사출이 불가능해지고 기계적 무리가 따르며 너무

높으면 제형에 있어서의 형상이 불량해진다. 사출압력은 필수 있는데도 높은속이 부위일 충전 DENSITY가 균일하면서 형상이 양호하게성형이 가능하였다.

○ 압출성형

ZIRCONIA CASE의 최적 수분량을 맞추어 상단 SCREW 의 하단 SCREW 의 rpm 조절로 SLEEVE의 부위별 DENSITY의 균일화에 맞추어 적당한 rpm를 선정하였다. 또 진공도는 -760mmHG로 하여 CASE의 치밀화를 기하였다.

3.4 탈지

세라믹스 성형체의 수지 열분해를 위하여 먼저 TG DTA CURVE를 검토하였고 이것을 바탕으로 탈지 스케줄을 설정하였다.

이때 주요 발열 PEAK : 150°C에서 400°C에서 일어났으며 500°C이내에 거의 정온해지 관찰되었다.

또 M. gas 는 0.5μ²/hr로 흘러 주었으며 기압력은 5kg/Cm²로 하였고 PID CONTROL PROGRAM 에 의해서 온도를 CONTROL 하였다.

대표적인 탈지 PATTERN은 FIG 3.4 - 1과 같다.

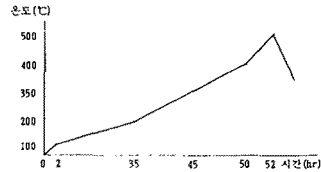


FIG 3.4 - 1 대표적 탈지 PATTERN

3.5 소결

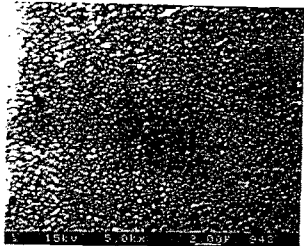
ZIRCONIA 중량, 성분함량, 승온속도별 시험의조직 사진으로부터 FIG 3.5 - 1과 같다.



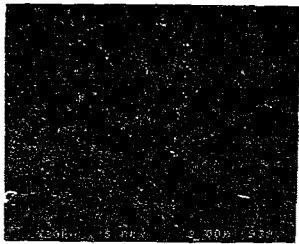
D9B (K5000)



T9C (X5000)



T9B (X5000)



T9C (X5000)

FIG 3.5 - 1 ZIRCONIA 조적 SEM 사진

이 사진에서 보듯이: 주로 MONOCLINIC PHASE 인 것에 입상량이 많이 있어보여서 T사는 98도에서는 TETRAGONAL PHASE인 균일한 입상량이 있어보인다.

다음 FIG 3.5 - 2 에는 FERRULE성형제 상면사진, FIG 3.5 - 3 에는 FERRULE성형제 절단면 사진, FIG.5 - 4에는 FERRULE단차다.내사진, FIG.5 - 5 에는 FERRULE 소결체 사진, FIG.5 - 6 에는 FERRULE 소결면이체사진을 나타낸다. 여기에서 HOLE SIZE는 소결체인 경우 약 100μ 인것을 125μ로 정밀면이하여 풀 FIBER과 부입원수 일도록 하였다. 그리고 FERRULE 성형제및 소결면이체 사진은 FIG 3.5 - 7에 나타낸다.



(X100)

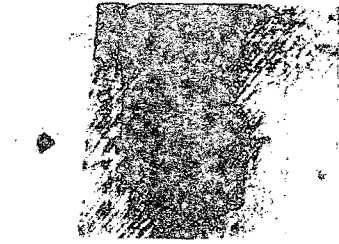


(X200)

FIG. 3.5 - 2 FERRULE 성형제 상면사진

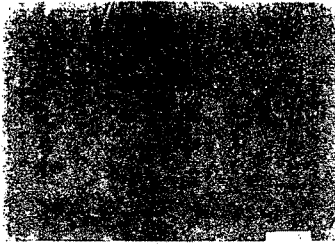


(X100)

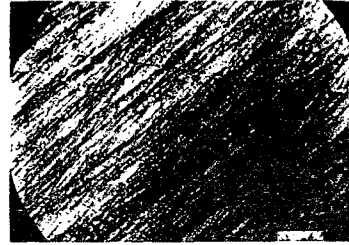


(X200)

FIG. 3.5 - 3 FERRULE 성형제 절단면사진



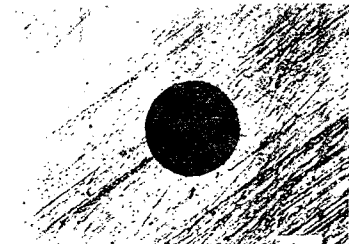
(X50)



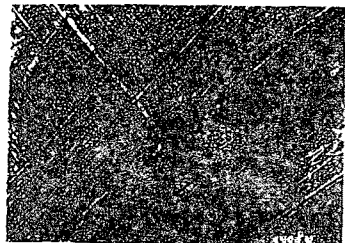
(X50)



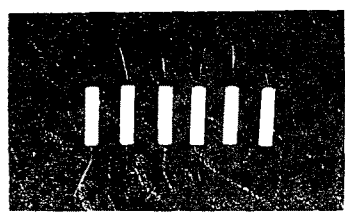
(X200)



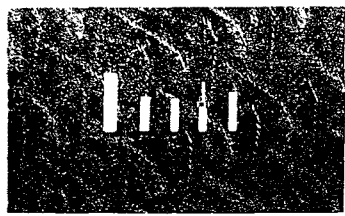
(X200)



(X50)



(X200)



... 5.5 ... PENNILE ...

4. 결론

본 연구에서는 광커넥터용 CERAMIC FERRULE 및 SLEEVE연구개발에 관한 것으로 완료선정에서부터 스컬공정까지의 실험결과에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) CERAMIC 원료에는 많은종류의 산화물원료가 있지만 그중에서도 광커넥터단자원료로서 우수한 ALUMINA와 ZIRCONIA종이 있으며 이중 ZIRCONIA(PSZ)는 ALUMINA에 비해 월등히 우수한 특성을 가지고 있다.
- 2) ZIRCONIA 원료생산은 국내는 전무한 상태이며 주로 일본이고 품질의 ZIRCONIA분말을 생산해오고있으며 그중 D사의 T사의 ZIRCONIA분말을 비교검토한 결과 T사의 분말이 비표면적이 크고 주로 고강도, 고인성을 나타내는 V.O. 3mol% 에 TETRAGONAL PHASE가 주된 PHASE로 입도가 이온 입도의 99%대이며 GRAIN SIZE또한 0.5 μ 정도 균일하였다.
- 3) RESIN 등 BINDER 도서는 여러가지 구비조건을 갖춘 2-5번을 선택하여 용제비율 실험결과 B-3번이 양호하게 나타났다. 이때 수치알은 주크 분체의 BET에 관련되어왔다.
- 4) 분체의 수치알의 가열온도는 160-180℃의 온도를 유지하였으며 ROTARY전수는 70rpm 정도이며 100-500 kg/cm²의 TORQUE가 필요하였다. 이렇게 분말한 COMPOUND를 조립화하여 사용용 PELLET로 사용하였다.
- 5) 분체의 수계 BINDER의 혼련주 CAKE를 제조하여 최적수분량을 첨가하여 압출용 CAKE로 사용하여 SLEEVE를 제조하였다.
- 6) 알치는 수치열 열분해구성 및 COMPOUND의 TG-DTA곡선에 기반하여 승온 스케줄을 선정하였다. 이때 N.GAS 는 0.5 μ /hr로 가압력은 5kg/cm²로 하였고 PID CONTROL PROGRAM 에 의하여 온도를 미세조정하였다.
- 7) 알치된 시편을 승온속도별 실험결과 T98가 가장 양호하였고 성형압력이 높을수록 열분해구간의 승온속도가 느린쪽이 좋은 결과가 나타났다.

REFERENCES

- (1) 이재신, 김태홍, 최태구 " 광커넥터용 세라믹 페룰 기술현황 " 한국전자통신연구소 주간기술동향, 91-15, PP.1-12(1991)
- (2) G. R. IRWIN : J. APPL. WECL 24, P. 361 (1957)
- (3) 西田俊彦 : CERAMICS, 20, 1, P. 16(1985)
- (4) K. M. KRIVEN ET AL. : ADVANCES IN CERAMICS 3, "SCI. AND TECH. ZIRCONIA", P. 82, AM. CERAM. SOC. (1981)
- (5) I. ODA ET AL. : PROC. 1ST ISCE, 9, 660, NTK SCIENTIFIC PUBLISHER, TOKYO (1983)
- (6) 奥田秀彦 : 陶瓷材料 CERAMICS, 오음사, P. 107-143(1990)
- (7) K. IWASE, ET AL., "CHARACTERISTICS OF SINGLE MODE FIBER CONNECTORS USING A ZIRCONIA CERAMIC FERRULE" 신학기보(일본), CS86 134, PP. 55-60(1986)
- (8) V. S. STURMAN ET AL. : J. AM. CERAM. SOC., 61, 1 2, P. 18(1978)
- (9) R. C. GARVIE ET AL. : NATURE, 258, P. 703(1975)
- (10) M. CLAUSSE ET AL. : ADVANCES IN CERAMICS 12, "SCI. AND TECH. ZIRCONIA", P. V, AM. CERAMIC SOC. (1984)
- (11) T. K. GUPTA ET AL. : J. WATER. SCI., 13, P. 1464(1978)
- (12) M. WATANABE ET AL. : ADVANCES IN CERAMICS 12, "SCI. AND TECH. ZIRCONIA II" P. 391, AM. CERAM. SOC. (1984)
- (13) F. F. LANGE : FRACTURE MECHANICS OF CERAM. 4, P. 799, PLENUM, NOVO(1978)
- (14) M. MATSUI ET AL. : ADVANCES IN CERAMICS, 12, "SCI. AND TECH. ZIRCONIA II" P. 371, AM. CERAM. SOC. (1984)
- (15) K. TSURUMA ET AL. : IBID, P. 382
- (16) K. KOBAYASHI, : 고강도 고인성 지르코니아, " CERAMICS ", V 17, NO. 6, PP. 427-433(1982)